

4.1. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ. ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

**Определение вредных веществ
в биологических средах**

**Сборник методических указаний
МУК 4.1.2102—4.1.2116—06**

Издание официальное

**Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей
и благополучия человека**

4.1. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ. ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

**Определение вредных веществ
в биологических средах**

**Сборник методических указаний
МУК 4.1.2102—4.1.2116—06**

Определение вредных веществ в биологических средах:
Сборник методических указаний.—М.: Федеральный центр
гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008.—183 с.

1. Рекомендованы к утверждению Комиссией по санитарно-эпидемиологическому нормированию при Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (протокол от 11.07.06 № 2).

2. Утверждены и введены в действие Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 9 августа 2006 г.

3. Введены впервые.

ББК 28.072

© Роспотребнадзор, 2008

© Федеральный центр гигиены и
эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008

Содержание

Измерение массовой концентрации селена в моче методом атомно-абсорбционной спектрометрии: МУК 4.1.2102—06.....	4
Определение массовой концентрации ванадия в пробах крови методом атомно-абсорбционной спектрометрии с электротермической атомизацией: МУК 4.1.2103—06	14
Определение массовой концентрации меди, магния, кадмия в пробах мочи методом атомно-абсорбционной спектрометрии: МУК 4.1.2104—06.....	25
Определение массовой концентрации марганца, свинца, магния в пробах волос методом атомно-абсорбционной спектрометрии: МУК 4.1.2105—06	37
Определение массовой концентрации марганца, свинца, магния в пробах крови методом атомно-абсорбционной спектрометрии: МУК 4.1.2106—06	50
Определение массовой концентрации фенола в биосредах (моча) газохроматографическим методом: МУК 4.1.2107—06.....	63
Определение массовой концентрации фенола в биосредах (кровь) газохроматографическим методом: МУК 4.1.2108—06.....	74
Определение массовой концентрации 2-хлорфенола в биосредах (моча) газохроматографическим методом: МУК 4.1.2109—06.....	85
Определение массовой концентрации формальдегида, ацетальдегида, пропионового альдегида, масляного альдегида и ацетона в пробах мочи методом высокоэффективной жидкостной хроматографии: МУК 4.1.2110—06	96
Измерение массовой концентрации формальдегида, ацетальдегида, пропионового альдегида, масляного альдегида и ацетона в пробах крови методом высокоэффективной жидкостной хроматографии: МУК 4.1.2111—06	110
Определение массовой концентрации хлороформа, 1,2-дихлорэтана, тетрахлорметана, хлорбензола в биосредах (кровь) газохроматографическим методом: МУК 4.1.2112—06.....	125
Определение массовой концентрации хлороформа, 1,2-дихлорэтана, тетрахлорметана в биосредах (моча) методом газохроматографического анализа равновесного пара: МУК 4.1.2113—06.....	137
Определение массовой концентрации хлороформа, 1,2-дихлорэтана, тетрахлорметана, хлорбензола в биосредах (моча) газохроматографическим методом: МУК 4.1.2114—06.....	149
Определение массовой концентрации хлороформа, 1,2-дихлорэтана, тетрахлорметана в биосредах (кровь) методом газохроматографического анализа равновесного пара: МУК 4.1.2115—06.....	162
Определение массовой концентрации стирола в пробах крови методом высокоэффективной жидкостной хроматографии: МУК 4.1.2116—06	174

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель Федеральной службы
по надзору в сфере защиты прав
потребителей и благополучия человека,
Главный государственный санитарный
врач Российской Федерации

Г. Г. Онищенко

9 августа 2006 г.

Дата введения: 1 сентября 2006 г.

4.1. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ. ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

**Определение массовой концентрации хлороформа,
1,2-дихлорэтана, тетрахлорметана в биосредах (кровь)
методом газохроматографического анализа
равновесного пара**

**Методические указания
МУК 4.1.2115—06**

1. Область применения

Методические указания по определению концентраций химических веществ в биологических средах предназначены для использования Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, лечебными и научными учреждениями, работающими в области профпатологии и экологии человека, научно-исследовательскими институтами, занимающимися вопросами гигиены окружающей среды.

Методические указания разработаны с целью обеспечения контроля за содержанием органических соединений в биологических средах у населения, проживающего в районах с повышенным уровнем загрязнения окружающей среды.

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.563—96 «ГСОЕИ. Методики выполнения измерений», ГОСТ Р 1.5—92 «ГСС. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию стандартов». Методика анализа обеспечивает выполнение измерений массовой концентрации алифатических хлорированных углеводородов в крови в диапазоне концентраций:

- хлороформ от 0,005 до 0,120 мкг/см³ с погрешностью 20,7 % при доверительной вероятности 0,95;
- тетрахлорметан от 0,0006 до 0,0150 мкг/см³ с погрешностью 17,6 % при доверительной вероятности 0,95;
- 1,2-дихлорэтан от 0,05 до 1,25 мкг/см³ с погрешностью 12,2 % при доверительной вероятности 0,95.

Хлороформ (трихлорметан)



Молекулярная масса 119,38

Хлороформ – бесцветная жидкость с характерным сладковатым запахом. Температура кипения 61,15 °С, температура плавления –63,5 °С. Хлороформ растворим в органических растворителях и малорастворим в воде, наркотик [1].

Тетрахлорметан



Молекулярная масса 153,82

Тетрахлорметан – бесцветная жидкость. Температура кипения 76,75 °С, температура плавления (–22,87 °С). Тетрахлорметан растворим в органических растворителях и малорастворим в воде. Тетрахлорметан – сильнейший наркотик [1].

1,2-Дихлорэтан



Молекулярная масса 98,97

1,2-Дихлорэтан – бесцветная жидкость. Температура кипения 83,5 °С, температура плавления –35,3 °С, растворим в органических растворителях и малорастворим в воде. 1,2-Дихлорэтан является токсичным соединением [1].

2. Сущность метода

Методика основана на предварительном выделении алифатических хлорированных углеводородов из биологического материала (кровь) путем нагревания объекта и последующего газохроматографического анализа парогазовой пробы.

Выполнение измерений массовой концентрации алифатических хлорированных углеводородов проводят методом газовой хроматографии с детектором электронного захвата. Определению не мешают ацетон, ароматические углеводороды, алифатические спирты, трихлорэтилен при содержании каждого из указанных веществ не более 0,5 мкг/см³. Длительность анализа одной пробы крови – 20 мин.

3. Средства измерений, вспомогательные устройства, материалы и реактивы

При выполнении измерений применяют следующие средства измерений, вспомогательные устройства, материалы, реактивы и растворы. Допускается применение других типов средств измерений, вспомогательного оборудования и химреактивов с аналогичными или лучшими метрологическими и техническими характеристиками.

3.1. Средства измерений

Хроматограф газовый с детектором электронного захвата	
Весы лабораторные ВЛР-200 аналитические	ГОСТ 24104—01
Разновесы Г ₂ -210	ГОСТ 7328—01
Секундомер «Агат»	ТУ 25-1894.003—90
Микрошприцы МШ-10	ТУ 5Е2.833.106
Линейка измерительная	ГОСТ 427—75
Лупа измерительная	ГОСТ 25706—83
Шприцы медицинские стеклянные, вместимостью 5 см ³	ТУ 64-1-378—83
Колбы мерные, вместимостью 25, 50, 100 и 1 000 см ³	ГОСТ 1770—74
Пробирки мерные со шлифом 10 см ³	ГОСТ 1770—74
Пипетки мерные 5, 10 см ³	ГОСТ 29227—91
Хлороформ фарм. Массовая доля основного вещества, % не менее 99,7	ГСО 7288—96
Тетрахлорметан. Массовая доля основного вещества, % не менее 99,9	ГСО 7211—95
1,2-Дихлорэтан, хч. Массовая доля основного вещества, % не менее 99,6	ГСО 7332—96

3.2. Вспомогательные устройства

Хроматографическая колонка стальная длиной 3 м и внутренним диаметром 3 мм	
Бидистиллятор стеклянный БС	ТУ 25-11.1592—81
Редуктор кислородный	ТУ 26-05-236—73

3.3. Материалы

Азот газообразный	ГОСТ 9293—74
-------------------	--------------

3.4. Реактивы

Arizon L на хроматоне N-супер фракции 0,16—
0,20 мм – неподвижная фаза для заполнения
хроматографической колонки
Серная кислота, осч
Калия дихромат, чда
Щавелевая кислота, ч
Ацетон, осч

ГОСТ 14262—78
ГОСТ 4220—75
ГОСТ 22180—76
ТУ 2633-039-44493179—00

3.5. Растворы

Раствор калия дихромата, 3 %-й
Раствор щавелевой кислоты, 10 %-й

4. Требования к безопасности

4.1. При выполнении работ должны быть соблюдены меры противопожарной безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004—85 и правила техники безопасности в соответствии с ГОСТ 12.1.007—76.

4.2. При работе необходимо соблюдать «Правила по технике безопасности и производственной санитарии при работе в химических лабораториях» (Утверждены МЗ СССР 20.12.82) и «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» (Утверждены Госгортехнадзором СССР 27.11.87).

4.3. При работе с реактивами соблюдают требования безопасности, установленные для работ с токсичными, едкими и легковоспламеняющимися веществами по ГОСТ 12.1.005—88.

4.4. При выполнении измерений с использованием газового хроматографа соблюдают правила электробезопасности в соответствии с ГОСТ 12.1.019—79 и инструкцией по эксплуатации прибора.

5. Требования к квалификации оператора

К выполнению измерений допускаются лица, имеющие квалификацию не ниже инженера-химика и опыт работы на газовом хроматографе и в химической лаборатории, прошедшие соответствующий инструктаж, освоившие метод в процессе тренировки и уложившиеся в нормативы оперативного контроля при выполнении процедур контроля погрешности.

6. Условия измерений

6.1. При проведении процессов приготовления растворов и подготовки проб к анализу соблюдают следующие условия:

- температура воздуха (20 ± 5) °С;
- атмосферное давление 630—800 мм рт. ст.;
- влажность воздуха не более 80 % при температуре 25 °С.

6.2. Выполнение измерений на газовом хроматографе проводят в условиях, рекомендуемых технической документацией по прибору.

7. Подготовка к выполнению измерений

Перед выполнением измерений проводят следующие работы: подготовка посуды, подготовка хроматографической колонки, приготовление аттестованных смесей, установление градуировочной характеристики.

7.1. Подготовка посуды

Используемую посуду замочить на 1 ч в свежеприготовленном 3 %-м растворе дихромата калия в серной кислоте (3 г дихромата калия на 100 см³ концентрированной серной кислоты), отмыть в проточной водопроводной воде, ополоснуть бидистиллированной водой и просушить при температуре 120 °С.

7.2. Подготовка хроматографической колонки

Хроматографическую колонку перед заполнением неподвижной фазой промывают дистиллированной водой, ацетоном, высушивают в токе инертного газа. Заполнение хроматографической колонки насадкой проводят под вакуумом. Концы колонки закрывают стекловатой, устанавливают в хроматограф и, не подключая к детектору, кондиционируют в токе газа-носителя (азота) с расходом 30 см³/мин при температуре 250 °С в течение 18 ч. После охлаждения колонку подключают к детектору, записывают нулевую линию в рабочем режиме. При отсутствии мешающих влияний колонка готова к работе.

7.3. Приготовление аттестованных смесей

Для построения градуировочного графика собирают кровь, не содержащую исследуемых компонентов, и готовят серию рабочих стандартных растворов.

Исходный аттестованный раствор для градуировки.

В мерную колбу объемом 1 000 см³, содержащую бидистиллированную воду в объеме 500 см³, вводят микрошприцем 8 мм³ хлороформа

ГСО 7288—96, 1 мм³ тетрахлорметана ГСО 7211—95, 100 мм³ 1,2-дихлорэтана ГСО 7332—96 и заполняют колбу до метки водой. Вещевое содержание компонентов в исходной аттестованной смеси составляет (с учетом плотности и содержания основного вещества): хлороформ – 11,9 мкг/см³, тетрахлорметана – 1,63 мкг/см³, 1,2-дихлорэтан – 125,77 мкг/см³. Срок хранения раствора – 12 ч.

Раствор щавелевой кислоты. В небольшом количестве воды растворяют 10 г щавелевой кислоты и доводят в мерной колбе на 100 см³ водой.

7.4. Установление градуировочной характеристики

Градуировочную характеристику устанавливают методом абсолютной калибровки на градуировочных смесях хлорированных углеводородов. Она выражает зависимость площади пика на хроматограмме (мм²) от массы компонента (мкг) и строится по 5 сериям аттестованных растворов для градуировки. Каждую серию, состоящую из 5 аттестованных растворов, готовят в мерных пробирках объемом 10 см³. Для этого в каждую пробирку вносят по 5 см³ крови, 2 см³ 10 %-го раствора щавелевой кислоты и добавляют исходную аттестованную смесь для градуировки в соответствии с табл. 1 и доводят до метки бидистиллированной водой. Срок хранения – 12 ч.

Таблица 1

Аттестованные смеси для установления градуировочной характеристики при определении концентрации алифатических хлорированных углеводородов

Номер смеси для градуировки	1	2	3	4	5
Хлороформ, объем исходной аттестованной смеси (11,9 мкг/см ³), мм ³	2	10	20	30	50
Содержание хлороформа, мкг/см ³	0,005	0,024	0,048	0,071	0,119
Тетрахлорметан, объем исходной аттестованной смеси (1,63 мкг/см ³), мм ³	2	10	20	30	50
Содержание тетрахлорметана, мкг/см ³	0,0006	0,0033	0,006	0,009	0,015
1,2-Дихлорэтан, объем исходной аттестованной смеси (125,77 мкг/см ³), мм ³	2	10	20	30	50
Содержание 1,2-дихлорэтана, мкг/см ³	0,05	0,25	0,5	0,75	1,25

Во флаконы из-под пенициллина помещают по 5 см³ крови с аттестованной смесью, добавляют по 2 см³ 10 %-го раствора щавелевой кислоты, флаконы закрывают резиновой пробкой и ставят в металлические цилиндры с просверленными в стенках отверстиями и навинчивающейся крышкой (рис. 1). Первый цилиндр с флаконом погружают в кипящую водяную баню. По истечении 5 мин отбирают нагретым в термостате при $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ шприцем из флакона 5 см³ парогововой пробы и вводят ее в хроматографическую колонку через испаритель. Процедуру повторяют аналогично для каждого градуировочного раствора и анализируют в условиях:

- температура термостата колонок – 90 °С;
- температура испарителя – 170 °С;
- температура детектора – 250 °С;
- расход газа-носителя (азота) – 30 см³/мин;
- скорость диаграммной ленты – 240 мм/ч;
- время удерживания хлороформа – 3 мин 05 с;
- тетрахлорметана – 4 мин 20 с;
- 1,2-дихлорэтана – 5 мин 30 с.

На полученной хроматограмме определяют площади пиков определяемых компонентов и по средним результатам из 5 серий строят градуировочную характеристику. Градуировку проверяют 1 раз в квартал и при смене партии реактивов.

7.5. Отбор проб

Отбор проб венозной крови в объеме не менее 10 см³ производится в тщательно вымытую стеклянную пробирку с притертой пробкой, в которую предварительно добавлено 0,1 см³ раствора гепарина. Анализ крови проводить сразу или хранить в морозильной камере не более 5 дней.

8. Выполнение измерений

В два флакона из-под пенициллина помещают по 5 см³ крови, добавляют по 2 см³ 10 %-го раствора щавелевой кислоты, флаконы закрывают резиновой пробкой и ставят в металлические цилиндры с просверленными в стенках отверстиями и навинчивающейся крышкой (рис. 1). Первый цилиндр с флаконом погружают в кипящую водяную баню. По истечении 5 мин отбирают нагретым в термостате при $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ шприцем из флакона 5 см³ парогововой пробы и вводят ее в хроматографическую колонку через испаритель. Процедуру повторяют аналогично для

второго образца и проводят выполнение измерений двух параллельных проб крови. Условия выполнения измерений аналогичны условиям при установлении градуировочной характеристики (п. 7.4).

9. Вычисление результатов измерений

На хроматограмме рассчитывают площадь пика и по градуировочной характеристике определяют концентрацию алифатических хлорированных углеводородов в крови. За результат измерения принимают среднее арифметическое значение двух параллельных определений X_{max} , X_{min} , расхождение между которыми не должно превышать значения предела повторяемости r_n (табл. 3).

Результат измерений представляют в виде $(\bar{X} \pm \Delta)$ мкг/см³, где

$$\bar{X} - \text{средний результат анализа, мкг/см}^3, \quad \bar{X} = \frac{X_{max} + X_{min}}{2}$$

при условии: $X_{max} - X_{min} \leq \frac{r_n}{100} \cdot \frac{X_{max} + X_{min}}{2}$, где

X_{max} – максимальный результат из 2-х параллельных измерений;

X_{min} – минимальный результат из 2-х параллельных измерений;

r_n – значение предела повторяемости, %;

Δ – характеристика погрешности, мкг/см³ при $P = 0,95$, равная:

$$\Delta = \frac{\delta \cdot \bar{X}}{100}, \quad \text{где } \delta - \text{относительное значение характеристики погрешности, \%}$$

погрешности, %.

10. Внутренний контроль качества результатов измерений

Внутренний контроль качества (ВКК) результатов измерений – повторяемость, внутрилабораторная прецизионность (воспроизводимость), точность – осуществляют с целью получения оперативной информации о качестве измерений и принятия при необходимости оперативных мер по его повышению в соответствии с нормативным документом МИ 2335—2003 «ГСОЕИ. Внутренний контроль качества результатов количественного химического анализа». Методика выполнения измерений обеспечивает получение результатов измерений с погрешностью, не превышающей значений, приведенных в табл. 2 и 3.

Таблица 2

**Диапазон измерений, значения показателей точности,
повторяемости, воспроизводимости**

Наименование определяемого компонента и диапазон измерений, мкг/см ³	Показатель повторяемости (относительное среднеквадратическое отклонение повторяемости), σ_r , %	Показатель воспроизводимости (относительное среднеквадратическое отклонение воспроизводимости), $\sigma_{R_{\bar{x}_t}}$, %	Показатель точности (границы относительной погрешности при вероятности $P = 0,95$), $\pm \delta$, %
Хлороформ, от 0,005 до 0,12 вкл.	15,1	19,5	20,7
Тетрахлорметан, от 0,0006 до 0,015 вкл.	5,3	5,7	17,6
1,2-Дихлорэтан от 0,05 до 1,25 вкл.	3,7	4,5	12,2

Таблица 3

**Значения пределов повторяемости и воспроизводимости
при доверительной вероятности $P = 0,95$**

Наименование определяемого компонента и диапазон измерений, мкг/см ³	Предел повторяемости (относительное значение допускаемого расхождения между двумя результатами параллельных определений), r_n , %	Предел внутрилабораторной воспроизводимости (относительное значение допускаемого расхождения между двумя результатами измерений, полученными в одной лаборатории, но в разных условиях), $R_{\bar{x}_t}$, %
Хлороформ, от 0,005 до 0,12 вкл.	21,87	26,17
1,2-Дихлорэтан от 0,05 до 1,25 вкл.	10,7	9,5
Тетрахлорметан, от 0,0006 до 0,015 вкл.	7,3	8,7

10.1. Контроль стабильности градуировочной характеристики

Контроль стабильности градуировочной характеристики проводят раз в квартал в анализируемой серии измерений. Определяют содержание исследуемых соединений в градуировочных растворах, которые соответствуют началу, середине и концу градуировочного интервала.

Градуировка признается стабильной, если расхождение между заданными и измеренными значениями концентраций не превышает 5 %.

10.2. Контроль повторяемости

Относительное расхождение между результатами двух измерений, выполненных в соответствии с методикой одним оператором при измерении образцов одной и той же рабочей пробы, с использованием одних и тех же средств измерений и реактивов, в течение возможно минимального интервала времени, не должно превышать значения предела повторяемости r_n (табл. 3).

Повторяемость результатов параллельных измерений признают удовлетворительной, если

$$X_{max} - X_{min} \leq \frac{r_n}{100} \cdot \frac{X_{max} + X_{min}}{2}, \text{ где}$$

r_n – значение предела повторяемости, %;

X_{max} – максимальный результат из 2-х параллельных измерений;

X_{min} – минимальный результат из 2-х параллельных измерений.

Если условие не выполняется, эксперимент повторяют. При повторном получении отрицательного результата выясняют причины, приводящие к неудовлетворительным результатам, и устраняют их.

10.3. Контроль воспроизводимости

Внутренний контроль качества воспроизводимости проводят с использованием рабочей пробы. Пробу делят на две равные части и анализируют в соответствии с методикой, максимально варьируя условия проведения анализа (разные операторы, разное время, разные партии реактивов одного типа, разные наборы мерной посуды и т. д.). Воспроизводимость результатов контрольных измерений признают удовлетворительной, если выполняется условие:

$$|\bar{X}_1 - \bar{X}_2| \leq \frac{R_{\bar{X}_t}}{100} \cdot \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2}{2}, \text{ где}$$

\bar{X}_1 – средний результат анализа рабочей пробы из 2-х параллельных измерений, мкг/см³;

\bar{X}_2 – средний результат анализа рабочей пробы из 2-х параллельных измерений, полученный в других условиях, мкг/см³;

$R_{\bar{X}_t}$ – значение предела внутрилабораторной воспроизводимости, % (табл. 3).

Расхождение между результатами измерений \bar{X}_1 и \bar{X}_2 , полученных в разных условиях, не должно превышать значений показателя воспроизводимости $R_{\bar{X}_t}$ при доверительной вероятности $P = 0,95$, указанных в табл. 3. Если условие не выполняется, эксперимент повторяют.

При повторном получении отрицательного результата выясняют причины, приводящие к неудовлетворительным результатам, и устраняют их.

10.4. Оперативный контроль точности

Контроль точности с использованием метода добавок состоит в сравнении результата контрольной процедуры, равного разности между результатом контрольного измерения содержания алифатических хлорированных соединений (хлороформ, тетрахлорметан, 1,2-дихлорэтан) в пробе с известной добавкой (\bar{X}^1), в рабочей пробе без добавки (\bar{X}) и величиной добавки C_o (добавка должна составлять не менее 40 % от содержания алифатических хлорированных соединений в рабочей пробе) с нормативом точности K . Результаты контроля признаются удовлетворительными, если выполняется условие:

$$|\bar{X}^1 - \bar{X} - C_o| = K_k, \text{ где}$$

\bar{X}^1 – средний результат контрольного измерения содержания определяемого компонента в рабочей пробе с известной добавкой из 2-х параллельных измерений, мкг/см³;

\bar{X} – средний результат контрольного измерения содержания определяемого компонента в рабочей пробе из 2-х параллельных измерений, мкг/см³;

C_o – величина добавки к пробе, мкг/см³.

$$K = 0,84 \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta}{100} \cdot \bar{X}\right)^2 + \left(\frac{\delta}{100} \cdot \bar{X}^1\right)^2}$$

Качество контрольной процедуры признают удовлетворительной при выполнении условия: $K_k \leq K$.

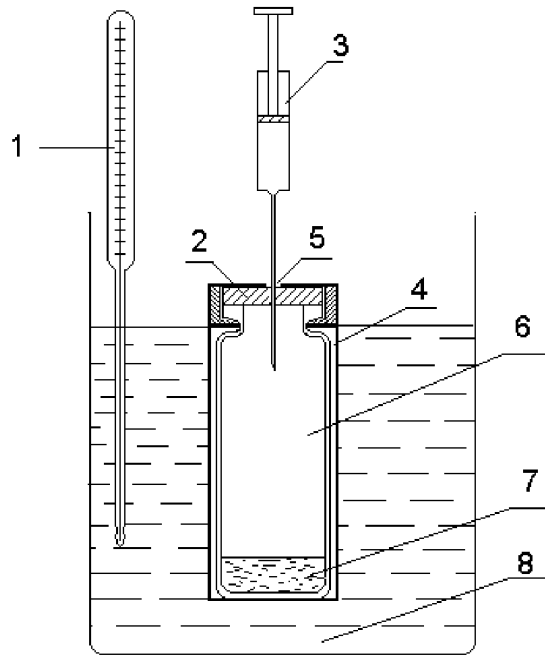
При превышении оперативного контроля погрешности эксперимент повторяют. При повторном превышении указанного норматива выясняют причины, приводящие к неудовлетворительным результатам контроля, и устраняют их.

Периодичность контроля исполнения процедуры ВКК регламентируют в руководстве по качеству лаборатории.

Литература

1. Бандман А. Л., Войтенко Г. А., Волкова Н. В. и др. Вредные химические вещества. Углеводороды. Галогенпроизводные углеводородов: Справ. изд. /Под ред. В. А. Филова и др. Л.: «Химия», 1990.

Методические указания разработаны Пермским научно-исследовательским клиническим институтом детской экопатологии (Т. С. Уланова, Т. В. Нурисламова, Н. А. Попова).



1 – термометр; 2 – инертная прокладка; 3 – шприц;
 4 – металлический цилиндр с завинчивающейся крышкой;
 5 – отверстие в металлической крышке; 6 – пенициллиновый флакон;
 7 – проба крови; 8 – термостатируемая водяная баня

Рис. 1. Прибор для анализа равновесной паровой фазы